



(19)

(11) Publication number:

22553 U.S.PTO
10/764551

Generated Document.

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 56027833

(51) Intl. Cl.: G01S 13/36

(22) Application date: 27.02.81

(30) Priority:	(71) Applicant: NIPPON KOKAN KK <I
(43) Date of application publication: 03.09.82	(72) Inventor: YAMADA TAKEO KOSAKA KOSAKU TERAJIMA NORIO
(84) Designated contracting states:	(74) Representative:

(54) DISTANCE MEASURING
DEVICE

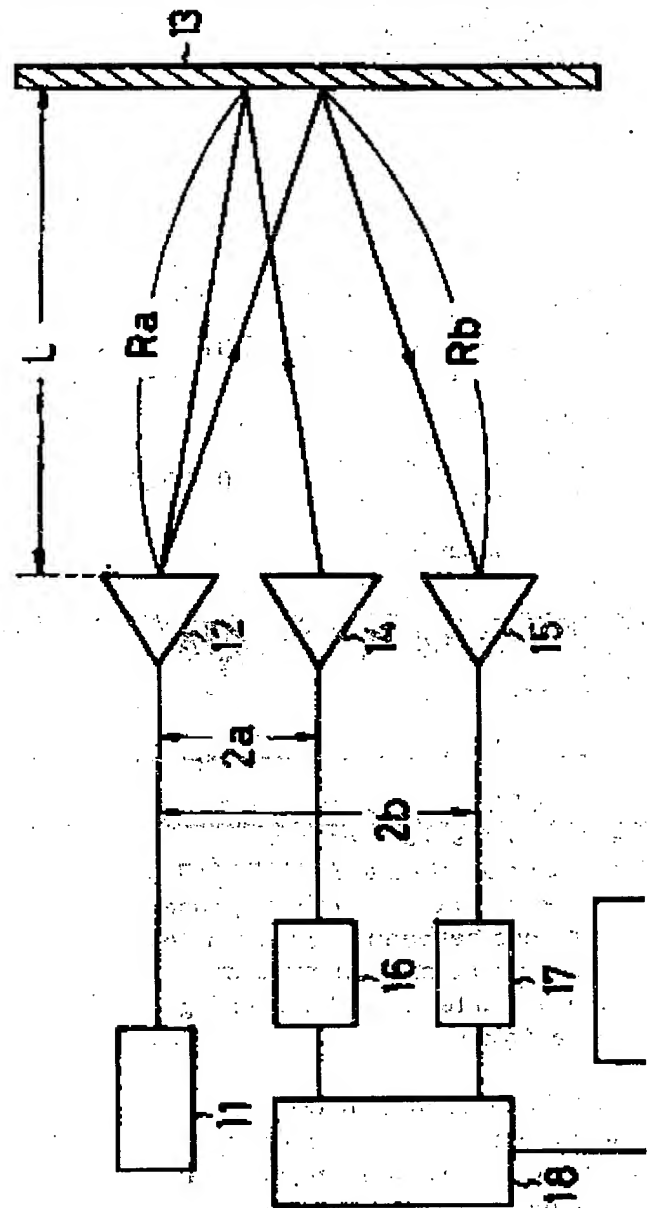
(57) Abstract:

PURPOSE: To measure with high accuracy the distance between a receiving antenna and an object to be measured by detecting a phase difference between two microwaves received by a plural number of receiving antenna and converting it into a distance.

CONSTITUTION: A microwave from an oscillator 11 is transmitted to an antenna target 13 by means of a transmission antenna 12 and reflected waves are received respectively by receiving antennas 14 and 15. After the received waves are amplified by amplifiers 16 and 17, they are supplied to a phase comparator 18, where both received waves are compared for their phases to obtain phase difference that contains distance information, and they are supplied to a distance calculation circuit 19. In the circuit 19 a specified distance conversion calculation is performed based on the phase difference information to obtain the distances between the

transmitting and receiving antennas
12, 14, and 15 and the antenna
target 13.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio



資料②

⑬ 日本国特許庁 (JP)
⑭ 公開特許公報 (A)

⑮ 特許出願公開
昭57—142575

⑯ Int. Cl.³
G 01 S 13/36

識別記号

庁内整理番号
7259—5 J

⑰ 公開 昭和57年(1982)9月3日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 8 頁)

⑱ 距離測定装置

⑲ 特 願 昭56—27833
⑳ 出 願 昭56(1981)2月27日
㉑ 発 明 者 山田健夫
横浜市港北区篠原町1545の53
㉒ 発 明 者 高阪廣作
横浜市旭区南希望が丘133

㉓ 発 明 者 寺島典男
横浜市神奈川区三ツ沢南町12の18
㉔ 出 願 人 日本鋼管株式会社
東京都千代田区丸の内1丁目1番2号
㉕ 代 理 人 弁理士 鈴江武彦 外2名

明 細 書

1. 発明の名称

距離測定装置

2. 特許請求の範囲

マイクロ波の位相差から距離を測定する装置において、マイクロ波を送信する送信アンテナと、この送信アンテナより空中伝播されて到来したマイクロ波を反射する測定対象物と、この測定対象物で反射されたマイクロ波を受信する複数の受信アンテナとをそれぞれ幾何学的に配置するとともに、前記複数の受信アンテナで受信した両マイクロ波の位相差又は送・受マイクロ波の位相差および前記両受信マイクロ波の位相差を位相比較器で検出し距離変換することにより、前記送・受信アンテナと前記測定対象物との距離を測定することを特徴とする距離測定装置。

3. 発明の詳細な説明

本発明はマイクロ波の位相比較によって距離を測定する距離測定装置の改良に関する。

マイクロ波を用いた位相比較方式の距離測定装置は、第1図に示すように送信アンテナ1および受信アンテナ2より距離Rなる位置にアンテナ・ターゲット3を設置した後、マイクロ波発振器4からマイクロ波を発生させて位相比較器5および送信アンテナ1に供給するとともに、送信アンテナ1からアンテナ・ターゲット3に向けてマイクロ波を送信する。そして、位相比較器5においてマイクロ波発振器4から直接供給せられた送信波とアンテナ・ターゲット3で反射され受信アンテナ2で受信後増幅器6によって増幅された受信波とを位相比較し両波の位相ずれを求め、これを距離演算回路7に供給する。従って、同回路7は送・受信アンテナ1,2およびアンテナ・ターゲット3間の距離に比例する位相差に基づいて所定の演算を行ない距離を測定する。

ところで、以上のような装置において送・受信波の間に生ずる位相差を ϕ 、波長を λ とすると、位相差 ϕ と距離Rとの間には、

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(2)

$$R = \lambda \cdot \Delta\phi / 4\pi \quad \dots (1)$$

なる関係式が成立する。しかし、位相比較器 5 で求める位相差は $\Delta\phi$ でなく、實際上 (2) 式で表わす θ である。

$$\Delta\phi = 2\pi n + \theta \quad \dots (2)$$

ここで、 $n = 0, 1, 2, \dots, 0 \leq \theta < 2\pi$ である。従って、(2) 式に基づいて (1) 式を変換すると、距離 R は

$$R = n \cdot \lambda / 2 + \theta \cdot \lambda / 4\pi \quad \dots (3)$$

となり、位相差 θ は距離 R により第 2 図のように変化する。ここで、マイクロ波の使用周波数を 10 GHz とすれば、 n を固定した場合の測定スパンは 15 mm となり、 ± 0.1 mm の高精度を期待できるが、距離測定装置としては距離測定範囲が非常に狭くなる。このため、この距離測定装置は例えばアンテナ・ターゲット 3 までの距離 R が数 10 cm ～ 数 m 程度になると測定不能となってしまう。

そこで、以上の不具合を解決するためにマイクロ波に AM 変調をかけて見かけ上の波長を長くし、数 m までの距離を測定することが試みら

れた。図 1 は、図 2 の装置に AM 変調器 1 を追加したものである。図 2 の装置では、送信アンテナ 12 から送信されたマイクロ波は、アンテナ・ターゲット 13 によって反射され、受信アンテナ 14, 15 で受信される。図 1 の装置では、送信アンテナ 12 から送信されたマイクロ波は、アンテナ・ターゲット 13 によって反射され、受信アンテナ 14, 15 で受信される。図 1 の装置では、送信アンテナ 12 から送信されたマイクロ波は、アンテナ・ターゲット 13 によって反射され、受信アンテナ 14, 15 で受信される。

以下、装置の作用を略述した後、高精度測定が可能である理由について説明する。まず、マイクロ波発振器 11 から発生したマイクロ波は送信アンテナ 12 によりアンテナ・ターゲット 13 に向けて送信される。送信されてきたマイクロ波はアンテナ・ターゲット 13 によって反射されるが、この反射波は受信アンテナ 14, 15 でそれぞれ受信される。これらの受信アンテナ 14, 15 で受信された信号はそれぞれ対応する後続の増幅器 16, 17 で増幅した後、位相比較器 18 に供給する。この位相比較器 18 は両受信波の位相比較を行なって距離情報を含む位相差を求め、その位相差情報を距離演算回路

特開昭 57-142575 (2)

れている。しかし、AM 変調方式は、不要反射体からのノイズに弱く、かつキャリアであるマイクロ波の位相変化に応じた揺動を含んでおり、実験結果でも測定フルスケールに対し 20～30 % の誤差を生ずる場合が多く、実用化には程遠いものである。

本発明は上記実情にかんがみてなされたもので、その目的とするところは、複数の受信アンテナを備えるとともに送・受信アンテナおよびアンテナ・ターゲットを幾何学的に配置して高精度に距離を測定し、また測定範囲を容易に変更して目的に応じた測定スパンを設定する距離測定装置を提供するものである。

以下、本発明の一実施例について図 3 を参照して説明する。図 3 において 11 はマイクロ波発振器、12 はマイクロ波をアンテナ・ターゲット 13 に向けて送信する送信アンテナ、14, 15 はそれぞれ受信アンテナを示し、これらは送信アンテナ 12 に対し所定の間隔をもって設置される。16, 17 はそれぞれの受信アン

テナ 14, 15 で受信された受信波を増幅する増幅器、18 は受信アンテナ 14, 15 で受信した両受信波間の位相差を求める位相比較器であり、ここで求めた位相差は後続の距離演算回路 19 で所定の信号処理を行なって送・受信アンテナ 12, 14, 15 とアンテナ・ターゲット 13 間の距離を得るものである。

次に、本発明装置において高精度測定が可能である理由について述べる。今、送信アンテナ 12、受信アンテナ 14, 15 およびアンテナ・ターゲット 13 がそれぞれ図 3 に示す位置関係をもって配置され、かつ受信アンテナ 14, 15 で受信された受信波と送信波との位相差を $\Delta\phi_a, \Delta\phi_b$ とすると、マイクロ波伝播距離 R_a, R_b は、

$$R_a = \sqrt{L^2 + a^2} = \lambda \cdot \Delta\phi_a / 4\pi \quad \dots (4)$$

$$R_b = \sqrt{L^2 + b^2} = \lambda \cdot \Delta\phi_b / 4\pi \quad \dots (5)$$

となる。そこで、(3) 式と同様に測定できる位相差を θ_a, θ_b とすると、

$$R_a = \sqrt{L^2 + a^2} = n \cdot \lambda / 2 + \lambda \cdot \theta_a / 4\pi \quad \dots (6)$$

$$R_b = \sqrt{L^2 + b^2} = m \cdot \lambda / 2 + \lambda \cdot \theta_b / 4\pi \quad \dots (7)$$

(3)

特開昭57-142575(3)

となる。ここで、(6)式および(7)式において送信アンテナ12および受信アンテナ14、15間の位相差 θ_a, θ_b と、距離 L との特性について解析すると、第4図(a)、(b)のような関係となる。従って、第4図(a)、(b)のような位相差を持つ両受信波を位相比較器18で位相比較すると、受信アンテナ14、15の両受信波の位相差 $\Delta\phi$ は同図(a)と同図(b)の差である第4図(c)のような特性となる。従って、位相差 $\Delta\phi$ は、

$$\Delta\phi = (R_a - R_b) \cdot 4\pi / \lambda \quad \dots (8)$$

で表わすことができる。上式において $\lambda \cdot \Delta\phi / 4\pi = X$ とおくと、 $X = \sqrt{L^2 + a^2} - \sqrt{L^2 + b^2}$ となり、二乗して $\sqrt{\quad}$ を外すと、

$$X^2 = 2L^2 + a^2 + b^2 - 2\sqrt{L^2 + a^2} \cdot \sqrt{L^2 + b^2}$$

となり、この式を変形すると、

$$4(L^2 + a^2)(L^2 + b^2) = (2L^2 + a^2 + b^2 - X^2)^2$$

$$4L^2X^2 = a^4 + b^4 + X^4 - 2X^2(a^2 + b^2) - 2a^2b^2$$

$$L = \frac{\sqrt{a^4 + b^4 + X^4 - 2X^2(a^2 + b^2) - 2a^2b^2}}{2X} \quad \dots (9)$$

そこで、測定可能な位相差を $\Delta\phi$ とすると、

次に、第6図は本発明の他の実施例を示す図である。同図は第3図に示す装置にマイクロ波スイッチ20を付加し、マイクロ波発振器11の送信波と受信アンテナ15の受信波とを切替えて位相比較器18aに供給する構成である。例えば使用周波数を10GHz、 $a = 100\text{mm}$ 、 $b = 200\text{mm}$ とすると、アンテナ・ターゲット13が、 $660 \leq L \leq 810\text{mm}$ の範囲では送・受信波の位相比較を行なうことで第7図の実線で示す位相差が得られ、また両受信波間の位相比較を行なうことで第7図の点線で示す位相差が得られる。第7図から $65.24 \leq L \leq 803.8$ の測定範囲では、破線(両受信波間の位相差)が一価であることが分る。よって、アンテナ・ターゲット13がこの測定範囲にあることが分っていれば、実線(送・受信波間の位相差)の測定と合成することにより、 $\pm 0.1\text{cm}$ の精度で絶対距離測定が行なえる。この装置では、両受信波間の位相差検出による距離測定誤差が送・受信波間の位相差の半周期分、つまり $\lambda/4$ 以下であればよく、

$\Delta\phi = 2\Delta\pi + \Delta\theta$ となるので、(9)式は

$$L = \frac{\sqrt{a^4 + b^4 + \left(\frac{\Delta\phi \cdot \lambda}{2} + \frac{\Delta\theta \cdot \lambda}{4\pi}\right)^4 - 2a^2b^2 - 2\left(\frac{\Delta\phi \cdot \lambda}{2} + \frac{\Delta\theta \cdot \lambda}{4\pi}\right)^2(a^2 + b^2)}}{\Delta\phi \cdot \lambda + \Delta\theta \cdot \lambda / 2\pi} \quad \dots (10)$$

となり、 a, b, λ は既知であるので、 L と $\Delta\theta$ とが分れば、距離 L を求めることができる。 L は定数である。ここで、 $\Delta\theta$ は簡単に測定可能であるので、 L を決めれば距離を測定できる。今、 $a = 100\text{mm}$ 、 $b = 200\text{mm}$ とすれば、位相差 $\Delta\theta$ は第5図のような特性を呈する。従って、測定対象物つまりターゲット13の測定範囲が予め判明できれば、 $\Delta\theta$ は第5図より測定可能である。例えば測定対象物が $540 \sim 840\text{mm}$ の間にあることが分かっているものでは、第5図の太線部を利用して $\Delta\theta$ を測定できる。従って、測定精度は位相差で $\pi/100$ 程度であるので、測定対象物が上記距離測定範囲にある場合には $\pm 1\text{mm}$ である。しかも、測定範囲は、 a および b を適当に選ぶことにより自由に変更でき、精度はその時の条件により分る。

$\pm \lambda/4$ 以下の誤差に入るように、 a および b を適宜変更すれば測定範囲を容易に変更できる。

なお、本発明は例えば受信アンテナ14側にマイクロ波スイッチ20を設ける構成であってもよいことは言うまでもない。その他、本発明はその要旨を逸脱しない範囲で種々変形して実施できる。

以上詳記したように本発明によれば、両受信波間の位相比較により数10cm～数m離れた個所に存在するターゲットまでの距離を数mm～数cmの精度で測定できる。また、マイクロ波に空洞をかけていないので、変調波の位相差を測定する場合より多重反射の影響が少なくその分だけ精度を高めることができる。さらに、送・受信波の位相比較と両受信波の位相比較とを組合せて位相差を求め演算したものでは、長い測定範囲でその測定精度が送・受信波間の位相比較だけのものと等しい精度を得られる距離測定装置を提供できる。

(4)

特開昭57-142575(4)

4. 図面の簡単な説明

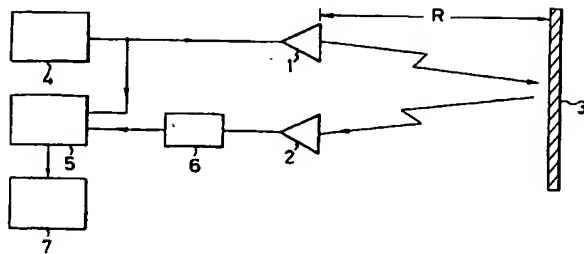
第1図は従来装置の構成図、第2図は第1図の動作を説明する図、第3図は本発明に係る距離測定装置の一実施例を示す構成図、第4図(a)~(e)は第3図に示す装置の動作を説明する図、第5図は送・受信アンテナ間を定めた場合の距離 L と位相差 $\Delta\theta$ との関係特性図、第6図は本発明の他の実施例を示す構成図、第7図は第6図に示す装置の動作を説明する図である。

11…マイクロ波発振器、12…送信アンテナ、13…ターゲット、14、15…受信アンテナ、16、17…増幅器、18、18a…位相比較器、19…距離演算回路、20…マイクロ波スイッチ。

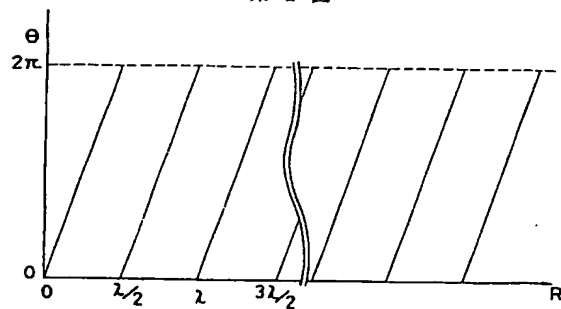
出願人代理人 弁護士 鈴木 武彦

図面の浄書(内容に変更なし)

第1図



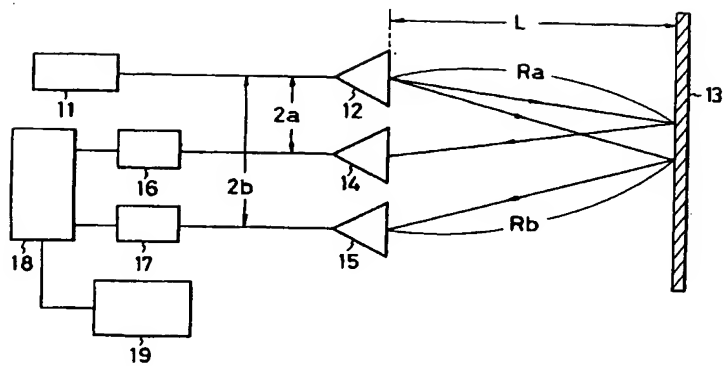
第2図



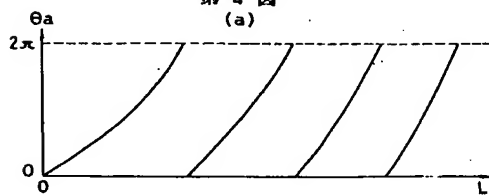
(5)

特開昭57-142575(5)

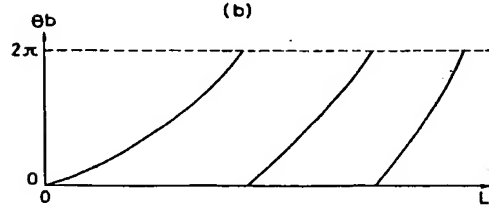
第 3 圖



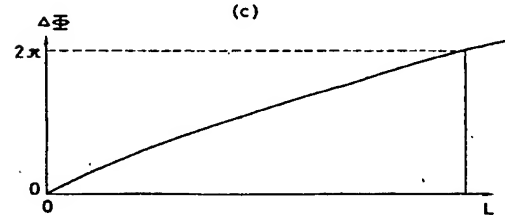
第 4 圖
(a)



(b)



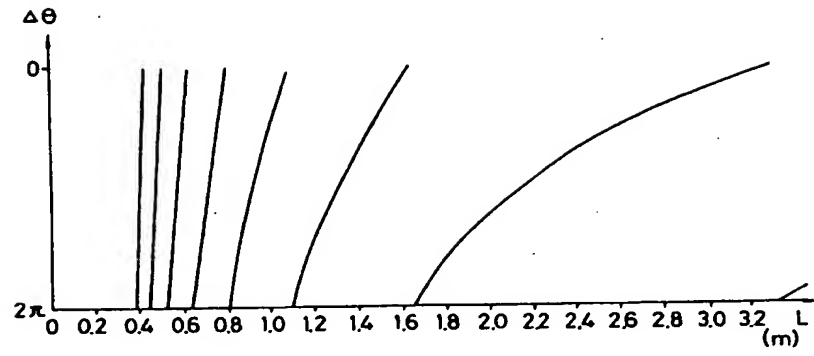
(c)



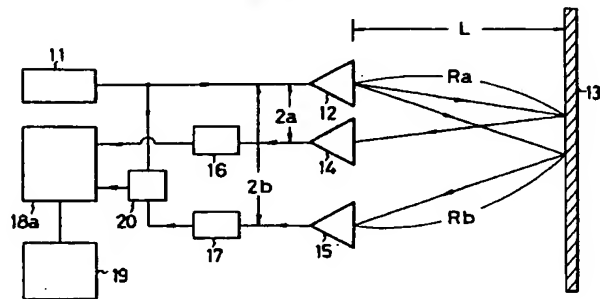
(6)

特開昭57-142575(6)

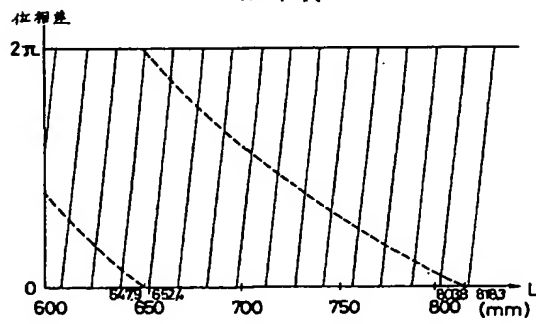
第 5 圖



第 6 圖



第 7 圖



(7)

手続補正書

昭和 56. 5. 8

特許庁長官 鳥田 春樹 殿

1. 事件の表示

特願昭 56-27833号

2. 発明の名称

距離測定装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

(412) 日本鋼管株式会社

4. 代理人

住所 東京都港区虎ノ門1丁目26番5号 第17森ビル
〒105 電話 03 (502) 3181 (大代表)

氏名 (5847) 弁護士 鈴江 武彦

5. 自発補正

6. 補正の対象

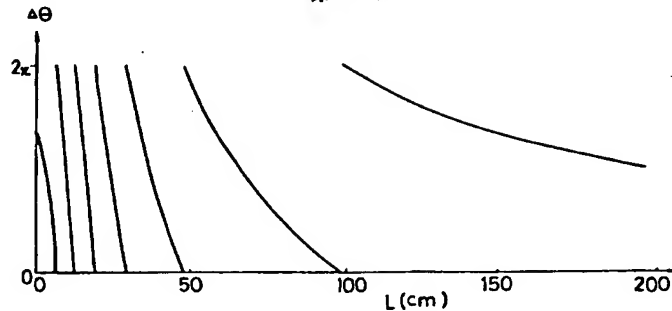
明細書、図面

特開昭57-142575(7)

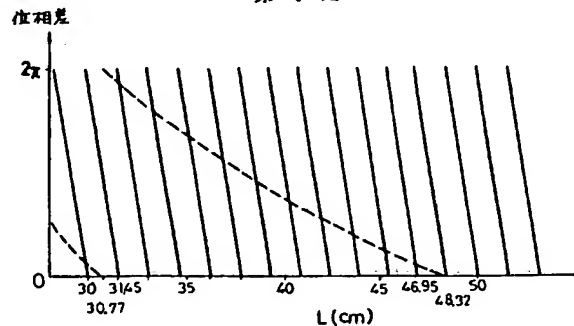
7. 補正の内容

- (1) 明細書第8頁第6行目の「定数」とあるを「整数」と訂正する。
- (2) 明細書第8頁第12行目の「540~640」
「」とあるを「310~480」
「」と訂正する。
- (3) 明細書第8頁第17行目の「1」
「」と訂正する。
- (4) 明細書第9頁第8行目の「 $660 \leq L \leq 810$ 」
あるを「 $310 \leq L \leq 480$ 」と訂正する。
- (5) 明細書第9頁第12行目の「 $652.4 \leq L \leq 803.8$ 」
あるを「 $314.5 \leq L \leq 469.5$ 」と訂正する。
- (6) 明細書第9頁第17行目の「 ± 0.1 」
あるを「 ± 0.1 」と訂正する。
- (7) 図面第5図および第7図を別紙のように訂正する。

第5図



第7図



(8)

特開昭57-142575 (8)

手 続 補 正 書(方式)

昭和56年6月4日

特許庁長官 島田 春 樹 殿

1. 事件の表示

特願昭 56-27833 号

2. 発明の名称

距 離 測 定 装 置

3. 補正をする者

事件との関係 特 許 出 願 人

(412) 日 本 鋼 管 株 式 会 社

4. 代 理 人

住所 東京都港区虎ノ門1丁目26番5号 第17政ビル
〒105 電 話 03 (502) 3 1 8 1 (大代表)

氏名 (5847) 弁理士 鈴 江 武 彦



5. 補正命令の日付

昭和 56 年 5 月 26 日

6. 補正の対象

図 面

7. 補正の内容

図面の弁言 (内容に変更なし)

THIS PAGE BLANK (USPTO)